ÉLECTRICITÉ RÉSEAU DISTRIBUTION FRANCE

Direction Réseau

Étude des émissions harmoniques pour le raccordement d'une production décentralisée en HTA

Identification : ERDF-PRO-RES_13E

Version : V 3

Nombre de pages : 8

Version	Date d'application	Nature de la modification	Annule et remplace
1	09/09/2005	Création	
2	09/10/2006	Changement d'identité visuelle	
3	01/03/2008	Prise en compte de l'identité visuelle d'ERDF	NOP-RES_40E

Résumé / Avertissement

Ce document décrit l'étude des émissions harmoniques pour le raccordement d'une production décentralisée en HTA.

© Copyright ERDF 2008

www.erdfdistribution.fr

ERDF – SA à directoire et à conseil de surveillance
au capital de 270 037 000 euros –
R.C.S. de Nanterre 444 608 442

ERDF est certifié ISO 14001 pour l'environnement

SOMMAIRE

1 Objet de l'étude 3

2 Seuils applicables 3

3 Méthode 3

4 Site éolien 4

4.1 Critère de déclenchement de l'étude 4

4.2 Données d'entrée 4

4.3 Calcul des taux d'émission des courants harmoniques d'un site 4

4.3.1 Cas où le site est composé d'aérogénérateurs identiques 4

4.3.2 Cas où le site est composé de groupes d'aérogénérateurs différents 5

4.3.3 Loi de sommation issue des normes CEI 61400-21 et CEI 61000-3-6 6

5 Site non éolien 6

5.1 Critère de déclenchement de l'étude 6

5.2 Données d'entrée 6

5.3 Calcul des taux d'émission des courants harmoniques d'un site 6

5.3.1 Cas où le site est composé d'onduleurs identiques 6

5.3.2 Cas où le site est composé de groupes d'onduleurs différents 7

5.3.3 Loi de sommation issue de la norme CEI 61000-3-6 8

1 Objet de l'étude

L'objet de l'étude est de vérifier que les injections en courant harmonique d'un site ne dépassent pas les limites réglementaires fixées par l'arrêté du 17 mars 2003.

2 Seuils applicables

Les limites d'émission en courant sont issues de l'arrêté du 17 mars 2003 relatif aux conditions techniques de raccordement au réseau public des installations de production autonome d'énergie électrique.

le gestionnaire d'une installation de production dont la puissance de raccordement est supérieure à 100 kVA doit limiter les courants harmoniques injectés sur ce réseau. Les limites sont déterminées au prorata de la puissance apparente maximum de l'installation de production P_{ref}.

A chaque harmonique de rang n est associé un coefficient de limitation k_n. Le gestionnaire de l'installation doit limiter ses courants harmoniques à la valeur :

$I_{hn} = k_n \frac{P_{ref}}{\sqrt{3} U_C}$ *où U_C est la valeur de la tension contractuelle, P_{ref} la puissance apparente maximum de l'installation de production*

Le tableau ci-dessous donne la valeur de k_n en fonction du rang n de l'harmonique :

Rangs impairs	***k_n***	***Rangs pairs***	***k_n (%)***
3	*4,0 %*	*2*	*2,0 %*
5 et 7	*5,0 %*	*4*	*1,0 %*
9	*2,0 %*	*> 4*	*0,5 %*
11 et 13	*3,0 %*		
> 13	*2,0%*		

3 Méthode

Il s'agit de calculer les taux de courants harmoniques au point de livraison, du rang 2 au rang 50, émis par le site à partir des émissions individuelles de chaque aérogénérateur/onduleur[1].

Le site ne peut être raccordé en l'état si la limite admissible est dépassée sur un ou plusieurs des rangs compris entre **le rang 2 et le rang 25.**

Le producteur doit (aucune solution réseau ne permettant de lever cette contrainte) :

- ✓ soit effectuer un meilleur réglage de la commande de l'électronique de puissance (EP),
- ✓ soit mettre en œuvre un système de filtrage actif ou passif au niveau de chaque aérogénérateur/onduleur,
- ✓ soit mettre en œuvre un système de filtrage actif ou passif centralisé au niveau du site.

S'il choisit de mettre en œuvre l'une des deux premières solutions, le producteur doit fournir les nouveaux taux maximums de courants harmoniques injectés en sortie d'aérogénérateur/onduleur du rang 2 au rang 50 afin qu'une nouvelle vérification soit effectuée.

[1] Par aérogénérateur, nous entendons l'interface à base de l'électronique de puissance générant des harmoniques au niveau de l'éolienne et par onduleur l'interface à base de l'électronique de puissance générant des harmoniques au niveau d'un autre module de production.

S'il choisit la troisième solution, le producteur s'engage dans la convention de raccordement :

- à la mise en en œuvre d'un système de filtrage actif ou passif centralisé au niveau du site,
- à la garantie de maintien des niveaux d'émissions en courants harmoniques du site du rang 2 au rang 25 inférieures aux limites admissibles.

4 Site éolien

4.1 Critère de déclenchement de l'étude

L'étude n'est à réaliser que pour les fermes éoliennes comportant au moins un aérogénérateur de la famille 4, 4bis, 5, 5bis, 5ter ou 6. Ces familles sont définies dans le document « Mode d'emploi des fiches de collectes de renseignements ».
L'injection en courant harmonique des machines synchrones ou asynchrones sans électronique de puissance couplée en permanence au réseau peut être considérée comme négligeable.

4.2 Données d'entrée

Les taux maximums de courants harmoniques injectés en sortie d'aérogénérateur sont calculés du rang 2 au rang 50 conformément à la norme CEI 61400-21 ou la recommandation allemande VWEW[2] pour chaque type d'aérogénérateur de famille 4, 4bis, 5, 5bis, 5ter ou 6 composant la ferme.

Une valeur doit être indiquée pour chaque rang du rang 2 au rang 50 éventuellement la valeur « 0 » le cas échéant. Si tel n'est pas le cas, l'étude « Harmoniques » ne peut être réalisée et les conclusions de l'étude de raccordement ne peuvent être rendues.

Le taux considéré est le rapport en % entre la valeur du courant harmonique de rang h (Ih) et la valeur du courant nominal (In) de l'aérogénérateur. $I_{n_{aérogénérateur}} = \frac{S_n}{\sqrt{3}U_{n_{aérogénérateur}}}$, Sn étant la puissance installée apparente des générateurs électriques.

Le taux considéré est une valeur moyenne 10 mn. Le taux considéré est le taux maximum apparaissant quel que soit le niveau de charge de l'aérogénérateur.

4.3 Calcul des taux d'émission des courants harmoniques d'un site

Remarque : les calculs suivants s'appliquent pour des niveaux harmoniques mesurés en sortie aérogénérateurs.

4.3.1 Cas où le site est composé d'aérogénérateurs identiques

4.3.1.1 S'il s'agit d'électronique de puissance à thyristors

La commutation de ce type d'électronique de puissance étant assistée (ouverture possible des thyristors uniquement au passage de la tension à 0), les courants harmoniques émis par chaque aérogénérateur peuvent avoir le même déphasage par rapport au fondamental. Pour estimer la valeur des courants harmoniques émis au niveau du site, il convient de faire la somme algébrique de ces courants sur chaque rang.

Les taux d'émission des courants harmoniques du site sont égaux aux taux émis par un seul aérogénérateur.

Taux site rang h = Taux aérogénérateur rang h.

[2] Recommandation allemande: "Eigenerzugungsanlagen am mittelspannungnetz" 2. Ausgabe 1998 VWEW

4.3.1.2 S'il s'agit d'électronique de puissance à IGBT3

La commutation de ce type d'électronique de puissance étant forcée (ouverture, fermeture possible des transistors à n'importe quel moment), les courants harmoniques émis par chaque aérogénérateur n'auront pas le même déphasage par rapport au fondamental. Pour estimer la valeur des courants harmoniques émis au niveau du site il convient donc de tenir compte de ce foisonnement.

La loi de sommation est appliquée selon les normes CEI 61400-21 et CEI 61000-3-6 (voir §4.3.3).

Ce qui donne pour les taux d'émission des courants harmoniques du site (comme les aérogénérateurs sont identiques) :

Taux site rang h = n^((1/ β)–1) x Taux aérogénérateur rang h

β = 1 des rangs 2 à 4, β = 1.4 des rangs 5 à 10, β = 2 des rangs 10 à 50.

4.3.2 Cas où le site est composé de groupes d'aérogénérateurs différents

4.3.2.1 Calcul préalable du courant émis par chaque groupe sur chacun des rangs

Le calcul doit être réalisé à la tension nominale de livraison :

a) S'il s'agit d'électronique de puissance à thyristors :

I_h groupe = n x I_h aérogénérateur

n nombre d'aérogénérateurs du groupe

I_h aérogénérateur = I_n aérogénérateur x Taux aérogénérateur rang h x Un aérogénérateur / Un PDL

b) S'il s'agit d'électronique de puissance à IGBT :

I_h groupe = n^(1/β) x I_h aérogénérateur

n nombre d'aérogénérateurs du groupe

I_h aérogénérateur = I_n aérogénérateur x Taux aérogénérateur rang h x Un aérogénérateur / Un PDL

β = 1 des rangs 2 à 4, β = 1.4 des rangs 5 à 10, β = 2 des rangs 10 à 50.

4.3.2.2 Somme des courants émis par chaque groupe sur chacun des rangs

Le calcul doit être réalisé à la tension nominale de livraison.
Les courants émis par les groupes de machines à d'électronique de puissance (EP) à thyristors doivent être sommés algébriquement sur chacun des rangs.

I_h groupes « EP thyristors » = I_h groupe 1 + I_h groupe 2 + I_h groupe 3 …

Les courants émis par chaque groupe de machines à électronique de puissance à IGBT doivent être sommés sur chacun des rangs en appliquant la loi de sommation issue des normes CEI 61400-21 et CEI 61000-3-6.

I_h groupes « EP IGBT » = ((I_h groupe 1)^β + (I_h groupe 2)^β + (I_h groupe 3)^β …)^(1/β)

β = 1 des rangs 2 à 4, β = 1 = 1.4 des rangs 5 à 10, β = 1 = 2 des rangs 10 à 50.

Enfin les courants émis par l'ensemble des groupes de machines à d'électronique de puissance à thyristors et par l'ensemble des groupes de machines à d'électronique de puissance à IGBT doivent être sommés sur chacun des rangs en appliquant la loi de sommation issue des normes CEI 61400-21 et CEI 61000-3-6.

[3] Insulate Gate Bipolar Transistor

I_h site = ((I_h groupes « EP thyristors »)^β + (I_h groupes « EP IGBT »)^β)^(1/β)

β = 1 des rangs 2 à 4, β = 1.4 des rangs 5 à 10, β = 2 des rangs 10 à 50.

4.3.2.3 Calcul des taux émis par le site sur chacun des rangs

Taux site rang h = I_h site / I_n site

4.3.3 Loi de sommation issue des normes CEI 61400-21 et CEI 61000-3-6

$I_{h\Sigma} = \sqrt[\beta]{\sum_{i=1}^{n} I_{h,i}^{\beta}}$ *(en ampères)* avec n : nombre d'aérogénérateurs et β fonction du rang h

Rang d'harmonique	β
h < 5	1.0
5 < ou = h > ou = 10	1.4
h > 10	2.0

5 Site non éolien

5.1 Critère de déclenchement de l'étude

L'étude n'est à réaliser que pour les sites non éoliens comportant de l'électronique de puissance couplée en permanence.

5.2 Données d'entrée

Les taux maximums de courants harmoniques injectés en sortie d'aérogénérateur sont calculés du rang 2 au rang 50. Une valeur doit être indiquée pour chaque rang du rang 2 au rang 50, le cas échéant la valeur « 0 ». Si tel n'est pas le cas, l'étude « Harmoniques » ne peut être réalisée et les conclusions de l'étude de raccordement ne peuvent être rendues.

Le taux considéré est le rapport en % entre la valeur du courant harmonique de rang h (Ih) et la valeur du courant nominal (In) de l'onduleur. $I_{n_{onduleur}} = \frac{S_n}{\sqrt{3}U_{n_{onduleurr}}}$, Sn étant la puissance apparente nominale de l'onduleur.

Le taux considéré est une valeur moyenne 10 mn.

5.3 Calcul des taux d'émission des courants harmoniques d'un site

5.3.1 Cas où le site est composé d'onduleurs identiques

5.3.1.1 S'il s'agit d'électronique de puissance à thyristors

La commutation de ce type d'électronique de puissance étant assistée (ouverture possible des thyristors uniquement au passage de la tension à 0), les courants harmoniques émis par chaque onduleur peuvent avoir le même déphasage par rapport au fondamental. Pour estimer la valeur des courants harmoniques émis au niveau du site il convient donc de faire la somme algébrique de ces courants sur chaque rang.

Les taux d'émission des courants harmoniques du site sont donc égaux aux taux émis par un seul onduleur.

Taux site rang h = Taux onduleur rang h.

5.3.1.2 S'il s'agit d'électronique de puissance à IGBT

La commutation de ce type d'électronique de puissance étant forcée (ouverture, fermeture possible des transistors à n'importe quel moment), les courants harmoniques émis par chaque onduleur n'auront pas le même déphasage par rapport au fondamental. Pour estimer la valeur des courants harmoniques émis au niveau du site il convient donc de tenir compte de ce foisonnement.

La loi de sommation est appliquée selon la norme CEI 61000-3-6 (voir §4.3.3).

Ce qui donne pour les taux d'émission des courants harmoniques du site (comme les onduleurs sont identiques) :

Taux site rang h = n^((1/ β)–1) x Taux onduleur rang h

β = 1 des rangs 2 à 4, β = 1.4 des rangs 5 à 10, β = 2 des rangs 10 à 50.

5.3.2 Cas où le site est composé de groupes d'onduleurs différents

5.3.2.1 Calcul préalable du courant émis par chaque groupe sur chacun des rangs

Le calcul doit être réalisé à la tension nominale de livraison :

a) S'il s'agit d'électronique de puissance à thyristors :

I_h groupe = n x I_h onduleur

n nombre d'onduleurs du groupe et I_h onduleur = I_n onduleur x Taux onduleur rang h x Un onduleur / Un PDL

b) S'il s'agit d'électronique de puissance à IGBT :

I_h groupe = n^(1/β) x I_h onduleur

n nombre d'onduleurs du groupe

I_h onduleur = I_n onduleur x Taux onduleur rang h x Un onduleur / Un PDL
β = 1 des rangs 2 à 4, β = 1.4 des rangs 5 à 10, β = 2 des rangs 10 à 50.

5.3.2.2 Somme des courants émis par chaque groupe sur chacun des rangs

Le calcul doit être réalisé à la tension nominale de livraison.

D'une part les courants émis par les groupes de machines à d'électronique de puissance (EP) à thyristors doivent être sommés algébriquement sur chacun des rangs.

I_h groupes « EP thyristors » = I_h groupe 1 + I_h groupe 2 + I_h groupe 3 …

D'autre part les courants émis par chaque groupe de machines à électronique de puissance à IGBT doivent être sommés sur chacun des rangs en appliquant la loi de sommation issue de la norme CEI 61000-3-6.

I_h groupes « EP IGBT » = ((I_h groupe 1)^β + (I_h groupe 2)^β + (I_h groupe 3)^β …)^(1/β)

β = 1 des rangs 2 à 4, β = 1.4 des rangs 5 à 10, β = 2 des rangs 10 à 50.

Enfin les courants émis par l'ensemble des groupes de machines à d'électronique de puissance à thyristors et par l'ensemble des groupes de machines à d'électronique de puissance à IGBT doivent être sommés sur chacun des rangs en appliquant la loi de sommation issue de la norme CEI 61000-3-6.

I_h site = ((I_h groupes « EP thyristors »)^β + (I_h groupes « EP IGBT »)^β)^(1/β)

β = 1 des rangs 2 à 4, β = 1.4 des rangs 5 à 10, β = 2 des rangs 10 à 50.

5.3.2.3 Calcul des taux émis par le site sur chacun des ra

Taux site rang h = I_h site / I_n site

5.3.3 Loi de sommation issue de la norme CEI 61000-3-6

$$I_{h\Sigma} = \sqrt[\beta]{\sum_{i=1}^{n} I_{h,i}^{\beta}} \text{ (en ampères)}$$

Avec :

n : nombre d'onduleurs et

β fonction du rang h

Rang d'harmonique	β
h < 5	1.0
5 < ou = h > ou = 10	1.4
h > 10	2.0